

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1995/96

Oktober/November

EKC 260 - Kejuruteraan Tindakbalas Kimia

Masa [3 Jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN (8)** muka surat bercetak sebelum anda mula menjawab soalan.

Kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan.

Kertas ini mengandungi 2 bahagian. Bahagian A mengandungi **TIGA (3)** soalan dan Bahagian B mengandungi **TIGA (3)** soalan.

Jawab **EMPAT (4)** soalan. Anda dimestikan menjawab **DUA (2)** soalan dari Bahagian A dan **DUA (2)** soalan dari Bahagian B.

Jawab salah satu soalan di **Bahagian B** dalam **Bahasa Malaysia**. Anda dibolehkan menjawab soalan-soalan lain dalam **Bahasa Inggeris**.

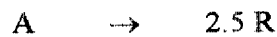
Semua soalan mengandungi pemberat yang sama.

Data:

$$\text{Value of ideal gas constant, } R = 0.082 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{atm}}{\text{kmol} \cdot \text{K}} = \frac{8.3144 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

BAHAGIAN A

1. [a] Penguraian gas-gas homogen tertib pertama
The first order homogenous gaseous decomposition



dilakukan di dalam sebuah reaktor kelompok sesuhu pada 2 atm dengan kewujudan 20% lengai dan 60% pertambahan isipadu dalam masa 2 minit.

Carikan masa yang diperlukan untuk tekanan mencapai 8 atm jika tekanan permulaan ialah 5 atm, yang mana 2 atm terdiri daripada lengai, di dalam satu reaktor kelompok berisipadu malar.

is carried out in an isothermal batch reactor at 2 atm with 20% inerts present and the volume increases by 60% in 2 minutes.

Find the time required for the pressure to reach 8 atm if the initial pressure is 5 atm, 2 atm of which consist of inerts, in a constant volume batch reactor.

(13 markah)

- [b] Data kepekatan-masa di bawah diperolehi dalam satu reaktor kelompok berisipadu malar pada 100°C untuk penguraian bahan A. Tentukan tertib tindakbalas dan kadar tindak balas tentu (pemalar kadar).

The following concentration-time data were obtained in a constant volume batch reactor at 100° C for decomposition of A. Determine the reaction order and specific reaction rate (rate constant).

| | | | | | | | | |
|---|----|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Masa (saat) Time (sec) | 0 | 56 | 89 | 173 | 229 | 300 | 402 | 573 |
| $C_A \left(\frac{\text{gmol}}{\text{litre}} \right)$ | 15 | 12 | 10.5 | 7.5 | 6.0 | 4.5 | 3.0 | 1.5 |

(12 markah)

2. Tindak balas asas fasa gas
The elementary gas phase reaction



dilakukan dalam sebuah reaktor aliran. Kadar tindak balas tentu pada 50°C ialah 10^{-4} min^{-1} dan tenaga pengaktifan ialah 85 kJ/mol. Bahan asli A masuk ke dalam reaktor pada 10 atm dan 127°C dengan kadar aliran molar 2.5 mol/min.

is carried out in a flow reactor. The specific reaction rate at 50°C is 10^{-4} min^{-1} and the activation energy is 85 kJ/mol. Pure A enters the reactor at 10 atm and 127°C with a molar flow rate of 2.5 mol/min.

Hitungkan isipadu reaktor dan masa ruang untuk mencapai penukaran 90% di dalam:

Calculate the reactor volume and space time to achieve 90% conversion in :

- [a] reaktor tangki teraduk selanjur (CSTR)
a continous stirred tank reactor (CSTR)
- [b] reaktor aliran palam (PFR)
a plug flow reactor (PFR)
- [c] hitungkan masa yang diperlukan untuk mencapai penukaran 90% di dalam reaktor kelompok berisipadu malar.
calculate the time necessary to achieve 90% conversion in a constant volume batch reactor.

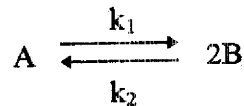
(25 markah)

Maklumat Tambahan (Additional Information):

$$\int_0^x \frac{1+mx}{1-x} dx = (1+m) \ln \frac{1}{1-x} - mx$$

$$\int_0^x \frac{dx}{1-x} = \ln \left(\frac{1}{1-x} \right)$$

3. Tindak balas asas fasa gas
The elementary gas phase reaction



dilakukan dalam satu reaktor aliran palam. Suapan pada 27°C, mengandungi 80% bahan A dan selebihnya lengai. Kadar aliran isipadu memasuki reaktor pada suhu tersebut ialah 100 dm³/min. Kepekatan bahan A di dalam suapan pada 27°C ialah 0.5 mol/dm³. Untuk 80% daripada penukaran seimbang adiabatik, hitungkan isipadu reaktor aliran palam (PFR). Tindak balas dilakukan secara adiabatik. Penukaran seimbang adiabatik ialah 0.075.

is to be carried out in a plug flow reactor. The feed which is at a temperature of 27°C, consists of 80% of A and the reminder inerts. The volumetric flow rate entering the reactor at this temperature is 100 dm³/min. The concentration of A in the feed at 27°C is 0.5 mol/dm³. For 80% of the adiabatic equilibrium conversion, calculate the volume of plug flow reactor (PFR). The reaction is carried out adiabatically. The adiabatic equilibrium conversion is 0.075.

Data:

Muatan-muatan haba molal adalah (Molal heat capacities are):

$$C_{P_A} = 12 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$C_{P_B} = 10 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$C_{P_{\text{Inert (air)}}} = 15 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Haba tindak balas ialah satu fungsi suhu. Haba tindakbalas
 ΔH_R pada 300K = -75 kJ/mol bahan A.

*The Heat of reaction is function of temperature. The heat of reaction
 ΔH_R at 300K = -75 kJ/mol of A.*

Pemalar kadar tindakbalas, k_1 dan pemalar keseimbangan, K_e berubah dengan suhu seperti berikut:-

The reaction rate constant, k_1 and equilibrium constant, K_e varies with temperature (T), as follow:

$$k_1 = 0.217 \exp \left[1022.15 \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{T} \right) \right]$$

$$K_e(T) = 70,000 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} \exp \left[9309.6 \left(\frac{300 - T}{300T} \right) - 0.0378 \ln \frac{T}{300} \right]$$

dimana T = suhu, K

where T = temperature, K

Pengamiran aturan simpson:

Simpson's rule of integration:

$$\int_{x_0}^{x_4} f(x) dx = \frac{h}{3} (f_0 + 4f_1 + 2f_2 + 4f_3 + f_4)$$

$$\text{dimana (where) } h = \frac{x_4 - x_0}{4}$$

(25 markah)

BAHAGIAN B

4. Alkohol t-Butil (TBA) dihasilkan dengan penghidratan fasa cecair iso-butena (I) di atas satu mangkin Ambelyst-15. Cecair tersebut biasanya ialah campuran berbilang fasa hidrokarbon (I), air (W) dan mangkin pepejal (S).

t-Butyl alcohol (TBA) was produced by liquid-phase hydration of iso-butene (I) over an Ambelyst-15 catalyst. The liquid is normally a multi-phase mixture of hydrocarbon (I), water (W) and solid catalyst (S).

Terbitkan hukum kadar dengan andaian:

Derive a rate law assuming:

- [a] Permukaannya ialah had-kadar
The surface is rate-limiting
- [b] Penjerapan iso-butena ialah terhad
The adsorption of iso-butene is limiting

Mekanisme tindakbalas yang dicadangkan adalah seperti berikut:

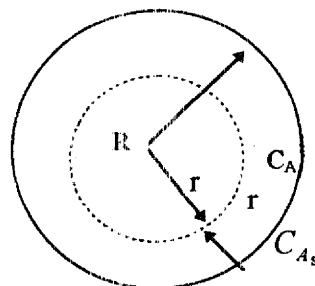
The reaction mechanism suggested is as follow:



(25 markah)

5. Tindakbalas tidak boleh balik heterogen tertib pertama berlaku di dalam sebuah penabur mangkin sfera yang mana telah disadur dengan platinum keseluruhannya seperti ditunjukkan dalam Rajah 5.

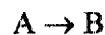
A first order heterogenous irreversible reaction is taking place within a spherical catalyst pellet which is plated with platinum throughout the pellet as shown in Fig. 5.



Rajah 5

Kepekatan bahan tindakbalas pertengahan di antara permukaan luar dan pusat pelet/penabur (iaitu $r = R/2$) ialah bersamaan dengan satu pertiga daripada kepekatan permukaan luar pelet/penabur. Kepekatan pada permukaan luar ialah 0.003 gmol/dm^3 . Garispusat ($2R$) ialah $2 \times 10^{-3} \text{ cm}$ dan pekali resapan ialah $0.3 \text{ cm}^2/\text{s}$. Tindak balas ditunjukkan oleh:

The reactant concentration halfway between the external surface and the centre of the pellet (i.e. $r = R/2$) is equal to one-third the concentration of pellet's external surface. The concentration at the external surface is 0.003 gmol/dm^3 , The diameter ($2R$) is $2 \times 10^{-3} \text{ cm}$ and the diffusion coefficient is $0.3 \text{ cm}^2/\text{s}$. The reaction is represented as:



- [a] Apakah kepekatan bahan tindak balas pada jarak $4 \times 10^{-4} \text{ cm}$ di dalam dari permukaan luar pelet/penabur.

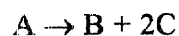
What is the concentration of reactant at a distance of $4 \times 10^{-4} \text{ cm}$ from the external pellet surface.

- [b] Hingga garispusat pelet/penabur berapakah mesti dikurangkan jika faktor keberkesanan ialah 0.75?

To what diameter should the pellet be reduced if the effectiveness factor is to be 0.75?

(25 markah)

6. Tindak balas penguraian tertib kedua
The second order decomposition reaction



dilakukan di dalam sebuah reaktor tiub yang dipadatkan dengan pelet-pelet/penabur-penabur mangkin bergarispusat 0.45 cm . Tindak balas ialah resapan-dalam-terhad. Bahan A asli memasuki reaktor pada halaju permukaan 300 cm/s , suhu 350°C dan tekanan 600 kPa . Ujikaji dijalankan pada pelet-pelet/penabur-penabur kecil dimana tindak balas permukaan adalah terhad menghasilkan kadar tindak balas tentu $50 \text{ m}^3/\text{g-s.mol}$.

is carried out in a tubular reactor packed with catalyst pellets 0.45 cm in diameter. The reaction is internal-diffusion-limited. Pure A enters the reactor at a superficial velocity of 300 cm/s, a temperature of 350°C and a pressure of 600kPa. Experiments carried out on smaller pellets where surface reaction is limited yielded a specific reaction rate of 50 m³/g-s.mol.

Hitungkan panjang lapisan/dasar yang diperlukan untuk mencapai penukaran 75%.

Calculate the length of bed necessary to achieve 75% conversion.

dimana (where):

| | |
|---|---|
| Kemeresapan berkesan (<i>Effective diffusivity</i>) (D_e) | = $3 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ |
| Keliangan lapisan (<i>Bed porosity</i>) (ϵ) | = 0.44 |
| Ketumpatan pelet/penabur (<i>Pellet density</i>) | = $2.5 \times 10^6 \text{ g/cm}^3$ |
| Luas permukaan dalam pelet/penabur mangkin (<i>Internal surface area of the catalyst pellet</i>) (S_a) | = $450 \text{ m}^2/\text{g}$ |

(25 markah)